

Diterima: 30 Juni 2015, Direvisi: 1 Juli 2015, Diterbitkan 31 Juli 2015



## KONTROL MOBIL ROBOT MENGGUNAKAN HAND GESTURE RECOGNITION DENGAN METODE ADAPTIVE NEURO-FUZZY INTERFERENCE SYSTEM (ANFIS)

Abdul Rohman Sayyid\*<sup>1)</sup>, Mada Sanjaya WS <sup>1,2)</sup>, Yudha Satya P <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati  
Bandung

<sup>2)</sup>Bolabot Techno Robotic Institute, Bandung, Indonesia

\*E-mail: [rohman.abdul301@gmail.com](mailto:rohman.abdul301@gmail.com)

### ABSTRAK

*Telah dilakukan penelitian pembuatan sistem kontrol mobile robot menggunakan sistem hand gesture recognition. Pengolahan citra digital secara real time digunakan sebagai identifikasi luas dan titik pusat jari tangan saat kondisi jari lengan divariasikan. Pengujian dilakukan sebanyak lima belas kali dengan jarak konstan setinggi 40 cm antara kamera dengan tangan. Pengujian dilakukan dengan keadaan kondisi satu jari, dua jari, tiga jari, empat jari, dan lima jari. Metode ANFIS (Adaptive-Neuro Fuzzy Inferense System) digunakan sebagai metode pembelajaran dan pengenalan pola lengan. Implementasi antara program pengolahan citra digital dengan menentukan luas dan titik pusat objek jari tangan digunakan sebagai kontrol kendali mobil robot. Kondisi satu jari bergerak maju dan nilai error sebesar 0 %. Kondisi dua jari bergerak mundur error sebesar 13,3%. Kondisi tiga jari bergerak belok kiri nilai error 26,7 %. Kondisi empat jari bergerak belok kanan nilai error 13,3 %. Sedangkan kondisi lima jari robot diam. Nilai error tertinggi pada kondisi tiga jari yaitu sebesar 26,7 %. Sedangkan nilai error terkecil sebesar 0 % pada kondisi satu jari. Rata-rata nilai error pada setiap kondisi sebesar 13,3 %.*

### Kata Kunci

*Kontrol Mobile Robot; Gesture Rocognition; Pengolahan Citra; ANFIS*

## PENDAHULUAN

Didasari perkembangan teknologi semakin pesat, maka untuk permasalahan yang real dan kompleks sangat dibutuhkan sebuah sistem kecerdasan buatan. Dalam permasalahan yang real, komputasi sering kali dijadikan sebagai alternatif dalam penyelesaian permasalahan. Sistem kontrol berbasis komputer vision sangat diperlukan untuk membantu proses pengenalan pola, perhitungan statistik, proyeksi geometri dan pengolahan citra. Pengolahan citra digital dengan identifikasi luas dan titik pusat jari tangan yang berubah dapat digunakan sebagai sistem kontrol untuk mengendalikan mobile robot.

## DASAR TEORI

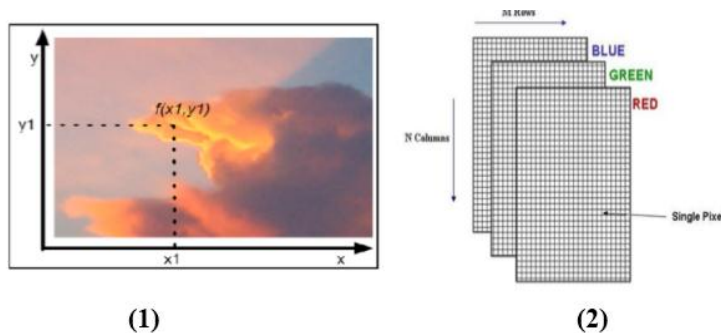
### Pengolahan Citra Digital

Citra merupakan suatu representasi gambaran, kemiripan, atau imitasi dari suatu objek. Citra diperoleh dari hasil penangkapan sinar yang dipantulkan oleh objek [1]. Citra merupakan output alat perekaman, seperti kamera yang bersifat analog maupun digital [2]. Citra diubah ke bentuk digital agar dapat disimpan dalam memori komputer atau media lain. Proses mengubah citra ke bentuk digital bisa dilakukan dengan beberapa perangkat, misalnya kamera digital [3].

Pengenalan pola dihubungkan dengan pengolahan citra sehingga proses ini disebut pengenalan citra atau image recognition. Kedua aplikasi ini akan saling melengkapi untuk mendapatkan ciri dari suatu citra yang hendak dikenali. Image atau gambar adalah representasi spasial dari suatu objek. Koordinat kartesian x-y, melakukan representasi satu sinyal terkecil dari objek yang biasanya koordinat terkecil ini disebut sebagai *pixel*. Sebuah gambar dianggap sebagai sebuah matrik x-y yang berisi nilai *pixel* [4].

$$f(x,y) = \begin{pmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,N) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,N) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M,1) & f(M,2) & \dots & f(M,N) \end{pmatrix} \quad (1)$$

Fungsi dua variabel  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dan nilai  $f(x,y)$  adalah intensitas citra pada koordinat tersebut. Citra digital yang berukuran  $N \times M$  dinyatakan dengan matriks berukuran  $N$  baris dan  $M$  kolom [5][6].



Gambar 1. (1) Komposisi RGAMBAR (2) Representasi Gambar Berwarna

Citra digital sebagai fungsi dua variabel,  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  adalah koordinat spasial dan nilai  $f(x,y)$  adalah intensitas citra pada koordinat tersebut. Setiap *pixel* pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi tiga warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru. Komposisi warna tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 1.

Gambar 2 merupakan sebuah citra *grayscale* yang merupakan citra digital yang hanya memiliki sebuah keluaran yang berupa satu nilai kanal pada setiap *pixel*-nya, sehingga dengan kata lain nilai citra *grayscale* merupakan bagian dari nilai RGAMBAR. Perubahan dari citra berwarna [7] :

$$I(i,j) = \frac{R(i,j) + G(i,j) + B(i,j)}{3} \quad (2)$$

Dengan  $I(i,j)$  = Nilai intensitas citra *grayscale*.  $R(i,j)$  = Nilai intensitas warna merah dari citra asal.  $G(i,j)$  = Nilai intensitas warna hijau dari citra asal.  $B(i,j)$  = Nilai intensitas warna biru dari citra asal.

Deteksi tepi adalah suatu teknik untuk mendeteksi tepi dari gambar pada pengolahan citra digital. Deteksi dilakukan pada suatu gambar secara horizontal dan vertikal atau dalam bidang  $x$  dan  $y$  sehingga dapat dicari perubahan signifikan pada *pixel*. Teknik yang dilakukan adalah dengan teknik operasi template dan konvolusi pada citra.

Segmentasi merupakan teknik untuk membagi suatu citra menjadi beberapa daerah dimana setiap daerah memiliki kemiripan atribut. Pada segmentasi citra terdiri dari beberapa teknik, salah satu teknik dari segmentasi citra yaitu segmentasi pengambangan.

*Thresholding* digunakan untuk mengatur jumlah derajat keabuan yang ada pada citra. Proses pengambangan akan menghasilkan citra biner, yaitu citra yang hanya memiliki dua nilai tingkat keabuan yaitu hitam dan putih. Secara umum proses pengambangan citra *grayscale*:

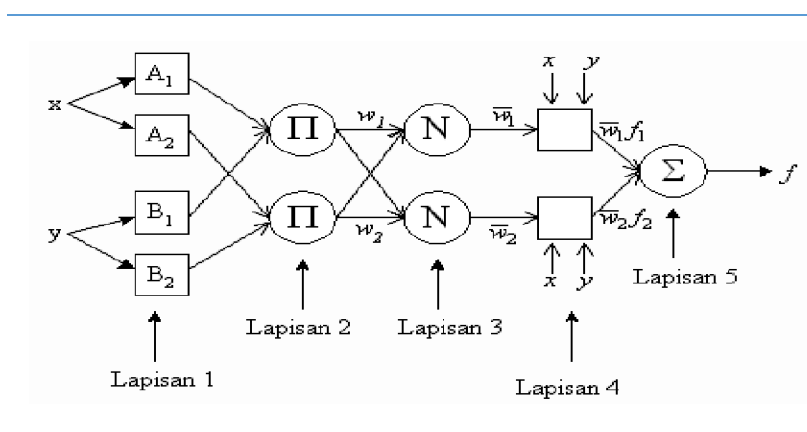
$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) \geq T \\ 0 & \text{if } f(x,y) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Dengan  $g(x, y)$  adalah citra biner dari citra *grayscale*  $f(x, y)$  dan  $T$  menyatakan nilai ambang. Nilai  $T$  mempunyai peran penting dalam proses pengambangan dengan hasil citra biner sangat tergantung pada nilai  $T$  yang digunakan[8].

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai *pixel* yaitu hitam dan putih. Citra biner juga disebut sebagai citra monokrom yang hanya membutuhkan 1 bit untuk mewakili nilai setiap *pixel* dari citra biner [9].

### Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

ANFIS merupakan penggabungan antara mekanisme fuzzy inference system yang digambarkan dalam sebuah arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan untuk adaptasi fungsi keanggotaan dari fuzzy. Kombinasi dari kedua jenis kontroler ini dilakukan untuk saling melengkapi kelebihan dan mengurangi kekurangan masing-masing kontroler [10].



Gambar 2. Struktur jaringan ANFIS

Pada arsitektur anfis diatas merupakan sebuah permisalan dengan 2 buah masukan yaitux, y dan 1 keluaran yaitu  $O$ , sehingga dalam aturan pada model sugeno dapat kita lihat [11]:

$$\text{IF } x \text{ adalah } A_1 \text{ dan } y \text{ adalah } B_1 \text{ maka } O_1 = (P_1x + q_1y + r_1) \quad (4)$$

$$\text{IF } x \text{ adalah } A_2 \text{ dan } y \text{ adalah } B_2 \text{ maka } O_2 = (P_2x + q_2y + r_2) \quad (5)$$

*Output* sinyal kontrol yang berupa tegangan. *Input* dari  $x$  dan  $y$  sebagai kecepatan dengan parameter konsekuensi yang ditentukan dengan nilai awal tertentu dan akan berubah sesuai algoritma pembelajaran ANFIS. Parameter konsekuensi yang digunakan adalah  $p_1, q_1, r_1, p_2, q_2, r_2$ . Sehingga dari aturan diatas maka dapat dihitung nilai akhir dengan persamaan :

$$f = \frac{w_1f_1 + w_2f_2}{w_1 + w_2} = \overline{w_1} + \overline{w_2} \quad (6)$$

### Lapisan 1 : Lapisan Fuzzifikasi

Simpul pada lapisan ini adalah simpul adaptif (Parameter dapat berubah) dengan fungsi simpul. jadikan  $O$  menjadi *output* setiap *node* pada lapisan 1. setiap *node* merupakan sebuah node adaptif dengan fungsi node  $O_{1,i} = \mu_{A_i}(x)$  untuk  $i = 1, 2$ ; atau  $O_{1,i} = \mu_{B_i}(y)$  untuk  $i=1,2$ , dengan  $x$  adalah input ke *node* I dan  $A_i$  adalah label linguistik (kecil, besar, dan sebagainya).

$$O_{1,i} = \mu_{A_i}, \text{ untuk } i = 1, 2 \quad (7)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_i}, \text{ untuk } i = 3, 4 \quad (8)$$

### Lapisan 2 : Lapisan Produk

Lapisan ini terdiri atas operator *pro t-norm* sebagai fungsi *node*. Lapisan ini mensintetiskan penransmisian informasi dengan lapisan 1 dan perkalian semua sinyal yang masuk dan mengirim produk keluar. Semua simpul pada lapisan ini adalah nonadaptif (parameter tetap).

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A_i}(x) \cdot \mu_{B_i}(y) \quad (9)$$

### Lapisan 3 : Lapisan Normalisasi

*Node* lapisan normalisasi ini akan menormalisasi fungsi bobot yang didapat dari lapisan produk. Setiap simpul pada lapisan ini adalah simpul nonadaptif yang

menampilkan fungsi derajat pengaktifan ternormalisasi (*normalized firing strength*) yaitu rasio keluaran simpul ke- $i$ .

$$O_{3,i} = \overline{w_i} = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2 \quad (10)$$

#### Lapisan 4 : Lapisan Defuzzyfikasi

Lapisan defuzzyfikasi ini *node* yang berada pada lapisan ini adalah adaptif alami. Keluaran defuzzyfikasi dari lapisan ini dihitung dengan fungsi sebagai berikut :

$$O_{4,i} = \overline{w_i} \cdot f_i = \overline{w_i}(p_i x + q_i y + r_i) \quad (11)$$

#### Lapisan 5: Lapisan Total Keluaran

*Node* lapisan ini merupakan *node* tunggal, lapisan ini mensintesis informasi yang dikirimkan dengan lapisan 4 dan mengembalikan nilai keseluruhan keluaran dengan fungsi sebagai berikut :

$$O_{5,i} = \sum_i \overline{w_i} \cdot f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (12)$$

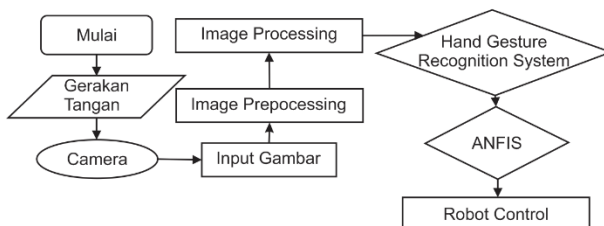
#### Algoritma Pembelajaran Hibrid

Pembelajaran *hibrid* pada ANFIS menggunakan dua bagian yaitu arah maju (*forward pass*) dan arah mundur (*backward pass*). Pada arah maju, parameter premis dibuat tetap. Dengan menggunakan metode *Recursive Least Square Estimator* (RLSE), parameter konsekuen diperbaiki berdasarkan pasangan data masukan dan keluaran. Metode RLSE akan mempercepat proses belajar *hibrid*. Parameter konsekuen dilewatkan pada jaringan adaptif dan hasil keluaran jaringan adaptif ini dibandingkan dengan keluaran yang sebenarnya.

Tabel 1. Pembelajaran Hibrid ANFIS

	Arah Maju	Arah Mundur
Parameter Premis	Tetap	<i>Gradien Descent</i>
Parameter konsekuen	RLSE	Tetap
Sinyal	Keluaran Simpul	Sinyal Kesalahan

## METODOLOGI



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Rancangan Sistem Penelitian

*Webcam* sebagai sensor kamera akan meng-*capture* dari setiap nilai masukan citra tangan. Tampilan ini merupakan gambaran tangan keseluruhan sehingga dilakukan gerakantangan yang berada pada posisi horizontal maupun vertikal.

*Image Preprocessing* terjadi proses mengubah gambar asli menjadi abu-abu atau yang sering di kenal dengan *grayscale*. *Grayscale* digunakan sebagai langkah untuk menyederhanakan model citra. Tujuan dilakukannya *Image Preprocessing* ini untuk menghilangkan *noise*.

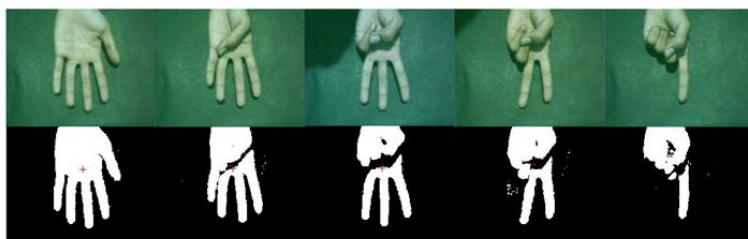
Pada *Image Processing* terjadisebuah proses *thresholding* yang diperuntukan mengatur jumlah derajat keabuan dan menghilangkan gangguan pada citra. *Image processing* memproses citra masukan yang akan menghasilkan keluaran yang berbentuk citra biner.

*Gesture Recognition System* merupakan proses inti sistem yang dibangun. Sistem pengenalan pola jari tangan lengan dilakukan dengan pengenalan pola koordinat  $x$  dan  $y$  titik pusat objek dan luasan jari tangan saat kondisi jari divariasikan. Proses perhitungan luas citra dengan menghitung setiap *pixel* yang

digambarkan dalam potongan potongan kecil bagian citra. Metode ANFIS digunakan sebagai metode pembelajaran untuk mengenali pola lengan hasil pengolahan citra. Sistem ANFIS ini menggabungkan konsep jaringan syaraf tiruan sebagai metode pembelajarannya dan sistem fuzzy sebagai outputnya. Metode ANFIS memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode jaringan syaraf tiruan dalam memodelkan aspek kualitatif dari pengetahuan manusia dan proses pengambilan keputusan (*reasoning*).

## ANALISIS

Pengujian dilakukan sebanyak lima belas kali dengan jarak konstan setinggi 40 cm antara kamera dengan tangan, pengujian dilakukan dengan keadaan kondisi satu jari, dua jari, tiga jari, empat jari, dan lima jari. Hasil pengujian berupa nilai keluaran koordinat  $x$ , koordinat  $y$  titik pusat beserta nilai luas jari tangan.



Gambar 5. Hasil Penelitian Pengolahan Citra secara Real Time

Tabel 2. Hasil Proses Pengenalan Pola Kondisi Lengan Saat Jari di Variasikan

Koordinat $x$	Koordinat $y$	Luas ( $\text{cm}^2$ )	Output	Kontrol	Keberhasilan	Error %
160,5085	60,2153	65,4000	Angka Satu	Maju	Sukses	0 %
158,4395	80,3605	77,4260	Angka Dua	Mundur	Sukses	13,3 %
168,1496	85,8185	89,5360	Angka Tiga	Belok Kiri	Sukses	26,7 %
144,2022	84,2195	106,7560	Angka Empat	Belok Kanan	Sukses	13,3 %
162,6426	81,4095	127,8540	Angka Lima	Stop	Sukses	13,3 %



Koordinat sumbu  $x$  dan koordinat sumbu  $y$  pada penelitian ini merupakan jarak terpanjang antara titik pusat objek tangan dengan tepi objek jari tangan. Koordinat pada kedua sumbu  $x$  dan  $y$  merupakan jarak objek terpanjang yang menghubungkan dua *pixel* ditepi objek yang tegak lurus terhadap panjang maksimum dan panjang minimum yang diperoleh dari titik pusat objek tangan.

Setiap pengujian dengan kondisi jari tangan yang berbeda akan menghasilkan posisi titik pusat tangan berbeda, setiap tangan dengan kondisi jari tertentu mempunyai luas yang berbeda. Uji coba identifikasi luas dan titik pusat jari tangan masih terjadi nilai *error* baik saat pengambilan data maupun pengujian. Pada Tabel 2 kondisi keadaan satu jari dengan kontrol mobil maju nilai *error* sebesar 0 %. Kondisi dua jari dengan kontrol mobil mundur nilai *error* sebesar 13,3 %. Kondisi tiga jari dengan nilai *error* terbesar yaitu sebesar 26,7 % kondisi ini dikontrol untuk belok kiri. Kondisi empat jari dengan kontrol mobil belok kanan dengan nilai *error* sebesar 13,3%. Sedangkan saat kondisi lima jari dengan kontrol mobil berhenti dengan nilai *error* sebesar 13,3%.

## KESIMPULAN

Telah dilakukan pembuatan sistem pengenalan pola jari lengan menggunakan sistem pengolahan citra digital realtime dengan input titik pusat dan luas lengan saat kondisi jari divariasikan. Menggunakan metode pembelajaran ANFIS memiliki nilai *error* tertinggi pengenalan pola lengan pada kondisi tiga jari yaitu sebesar 26.7 %, sedangkan nilai *error* terkecil pengenalan pola lengan sebesar 0 % pada kondisi satu jari, sehingga rata-rata *error* untuk tiap kondisi adalah sebesar 13.3 %. Hasil implementasi antara program pengolahan citra digital dengan menentukan luas dan titik pusat objek jari tangan menunjukkan bahwa sistem pengenalan pola jari lengan ini dapat digunakan sebagai kontrol kendali mobil robot. Namun kecepatan respon pengenalan pola dan komunikasi data dari *webcam*, komputer serta *mobile* robot perlu untuk ditingkatkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SUTOYO, T. & MULYANTO, E. 2009. TEORI PENGOLAHAN CITRA DIGITAL. ANDI. YOGYAKARTA.
- [2] HERMAWATI, A.F. 2013. PENGOLAHAN CITRA DIGITAL. ANDI. YOGYAKARTA.
- [3] SEPTIRAHARA. 2012. SISTEM PENGENALAN WAJAH MENGGUNAKAN METODE HIDDEN MARKOV MODEL(HMM). SKRIPSI. PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS INDONESIA. DEPOK.
- [4] MARQUES & OGE. PRACTICAL IMAGE AND VIDEO PROCESSING USING MATLAB. HOBOKEN. NEW JERSEY: JOHN WILLY & SONS.INC.
- [5] IQBAL, M. DASAR PENGOLAHAN CITRA MENGGUNAKAN MATLAB. DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN IPB. BOGOR.
- [6] OGE, M. PRACTICAL IMAGE AND VIDEO PROCESSING USING MATLAB SECOND EDITION. HOBOKEN. NEW JERSEY: JOHN WILLY & SONS.INC.
- [7] PERMANA, A.S. 2007. DETEKSI KEBAKARAN BERBASIS WEBCAM SECARA REAL-TIME DENGAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL. KONFERENSI NASIONAL SISTEM DAN INFORMATIKA 2009; BALI. NOVEMBER 14. 2009: TEKNIK ELEKTRO. INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM.
- [8] PUTRA, D. 2010. PENGOLAHAN CITRA DIGITAL. ANDI. YOGYAKARTA.
- [9] KADIR, A.& SUSANTO, A. 2013. TEORI DAN APLIKASI PENGOLAHAN CITRA. ANDI. YOGYAKARTA.
- [10] KUSUMADEWI, S. & HARTATI, S. 2010. NEURO-FUZZY INTEGRASI SISTEM FUZZY & JARINGAN SYARAF EDISI2. GRAHA ILMU. YOGYAKARTA.
- [11] FATKHURROZI, B. MUSLIM, M.A. & SANTOSO, D.R. 2002. PENGGUNAAN ARTIFICIAL NEURO FUZZY INTERFERENCE SISTEM (ANFIS) DALAM PENENTUAN STATUS AKTIFITAS GUNUNG MERAPI. JURNAL EECCIS VOL.6. No.2 PP:113-118.